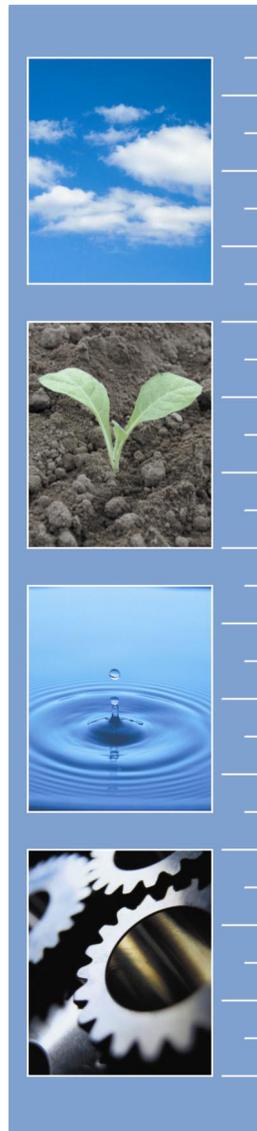


SCHIMMELPILZMESSUNGEN IN
DER AUSSENLUFT
JAHRESGANG 2005



UMEG

Umweltmessungen
Umwelterhebungen
und Gerätesicherheit

Unabhängig messen - engagiert prüfen

SCHIMMELPILZMESSUNGEN IN
DER AUSSENLUFT
JAHRESGANG 2005

Bearbeitung:

LUBW Landesanstalt für Um-
welt, Messungen und Naturschutz
Baden-Württemberg

Referat 23

Dr. I. Tesseraux

Griesbachstr. 1
76185 Karlsruhe
0721-5600-0

<mailto:kontakt@umeg.de>

www.lubw.bwl.de

Druckdatum: April 2006
Berichtsumfang: 27 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	4
2	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN	6
	2.1 Probenahme und Analytik	6
	2.2 Umfang der Messungen	6
	2.3 Kultureller Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen	7
3	ERGEBNISSE	9
	3.1 Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft	9
	3.2 Konzentrationen einzelner Gattungen	12
	3.3 Gesplittete Probenahme – Oktober	13
	3.4 Halbstündige Probenahme parallel zu Messung von Bakterien - November	14
4	DISKUSSION	16
5	ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	19
6	LITERATURVERZEICHNIS	20
7	ANHANG	22
	7.1 Abbildungen des Probenahmeortes	22
	7.2 Abbildungen zum Schimmelpilzwachstum auf Kultur Nährböden	23

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die Zusammensetzung der Außenluft wird von natürlichen Faktoren und von Aktivitäten des Menschen bestimmt. Dies gilt auch für biologische Bestandteile. Bioaerosole sind luftgetragene Teilchen biologischer Herkunft. Sie enthalten u. a. Pilz- und Bakteriensporen, Mycelbruchstücke von Schimmelpilzen, Hefen sowie Abbau- und Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen (MVOC = Microbial Volatile Organic Compounds; Mycotoxine, Endotoxine). Schimmelpilze sind an eine Ausbreitung über den Luftweg durch Bildung von Sporen, die nicht nur der Vermehrung sondern auch der Überdauerung dienen, in besonderem Maße angepasst. Sie kommen ubiquitär in der Natur vor und erfüllen eine wichtige Aufgabe im Stoffkreislauf beim Abbau organischen Materials.

Bestandteile und Inhaltsstoffe von Schimmelpilzen und ihrer Sporen können neben Geruchsbelästigungen auch gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorrufen, wobei das allergisierende und infektiöse Potenzial von zahlreichen Schimmelpilzen besonders bedeutsam ist. In einer aktuellen Studie konnte eine Korrelation von erhöhten Bioaerosolkonzentrationen in der Außenluft mit irritativen Atemwegsbeschwerden bei exponierten Personen nachgewiesen werden (Herr et al., 2003).

Erhöhte Außenluftkonzentrationen an Bioaerosolen können jedoch auch durch Anlagen hervorgerufen werden, die einigen Organismen besonders günstige Lebensbedingungen bieten. Der Entwurf der VDI-Richtlinie 4251 Blatt 1 („Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Planung von anlagenbezogenen Messungen Immissionsbestimmung durch Fahnenmessungen, Oktober 2004) enthält im Anhang eine Liste sowohl der Anlagentypen und Anlagen für die das zutrifft als auch mit zu messenden anlagenbezogenen Mikroorganismen-Parametern.

Da es sich bei Bioaerosolen um lebendes Material oder Bestandteile davon handelt, die natürlicherweise in der Luft vorkommen, ist die Variation der Art und Höhe des Vorkommens in der Luft groß und damit die Feststellung einer „Luftbelastung“ oder gar einer gesundheitlichen Bewertung komplex. Eine wesentliche Voraussetzung, um überhaupt gegenüber dem normalen Hintergrund erhöhte Werte feststellen zu können, sind nachvollziehbare und genormte Probenahmen und Messverfahren.

Für die Erfassung von Schimmelpilzen in der Außenluft und zur Probenahme und Messung durch Kultivierung der lebensfähigen Sporen wurden Richtlinien erarbeitet. Als VDI-Richtlinien liegen vor: VDI 4252 Blatt 2 „Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“ (2004) und VDI 4253 Blatt 2 „Ver-

fahren zum kulturellen Nachweis von Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern (2004).

Nach diesen Richtlinien wurde im Jahr 2003 ein Messprogramm an vier verschiedenen Messstandorten jeweils über drei Wochen im Frühjahr, im Sommer und im Herbst durchgeführt. In Weiterführung und Ergänzung dieser Untersuchungen wurden im Jahr 2004 im September wiederum über drei Wochen an vier Messorten Schimmelpilze in der Außenluft gemessen (UMEG-Jahresbericht 2003, UMEG-Jahresbericht 2004, Tesseraux et al., 2004).

Im Jahr 2005 wurden an einem Messort (UMEG-Vorplatz) weitere Messungen zum jahreszeitlichen Verlauf und zu Fragestellungen hinsichtlich der Probenahmedauer und –zeiten vorgenommen.

2 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

2.1 Probenahme und Analytik

Die Luftproben wurden nach der VDI-Richtlinie 4252, Blatt 2 (Juni 2004) „Aktive Probenahme von Schimmelpilzen, Abscheidung von Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“ vorgenommen.

Blindwertfilter (ohne Luftdurchsatz) wurden am Ende jedes Messzeitraumes (Tab. 2-1) genommen. Während der Probenahme wurde die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet.

Probenahmeort

Alle Messungen wurden auf dem UMEG-Vorplatz durchgeführt. In wenigen Metern Abstand befindet sich eine Gartenabfallannahme- und Kompostverteiler-Stelle.

2.2 Umfang der Messungen

In der Tabelle 2-1 ist der Umfang der Messungen und die Zahl der jeweils verwertbaren Proben wiedergegeben (die Probenserie darf nur ausgewertet werden, wenn nach Aufarbeitung der parallel genommenen Blindwertproben ohne Luftdurchsatz maximal zwei Kolonien bezogen auf 0,1 ml der Ausgangslösung auf einer der drei Platten nachgewiesen wurden).

Neben der Ermittlung von Messwerten im jahreszeitlichen (Einbeziehung aller Proben 2005), wurden zwei weitere Fragestellungen untersucht:

- Bei den Messungen im Oktober wurde die Probenahme einmal über 24 h und parallel gesplittet über 6 Stunden (tagsüber, morgens beginnend) und 18 h (anschließend bis zum nächsten Morgen) durchgeführt.
- Bei den Messungen im November wurden an einem Vormittag 5 Probenahmen über 30min – jeweils 2 Probenahmen parallel – nacheinander vorgenommen. In diesen Proben wurden gleichzeitig Gesamtbakterien bestimmt. Bei diesen kurzen Probenahmezeiten wurde nur ein Gelatinefilter ohne Polycarbonatfilter als Stützfilter verwendet.

Tabelle 1: Zeiten und Umfang der Messungen 2005, sowie klimatische Bedingungen.

Datum = Beginn der Probenahme, A = Ausfall, - = nicht gemessen

Probenahme-Zeitraum	Parallelproben (Nr.)	Parallelproben (Nr.)	Parallelproben (Nr.)	Temp °C	Rel. F %	Wetter / Bemerkungen
Januar/Februar						
31.01.	637	638	-	2	-	in der Nacht zum 1.2. Sturm mit Regen
01.02.	640	641	-	4	-	Trüb windstill
Februar						
21.02.	647	648	649	1	-	östl. Richtung, schwach
22.02.	650	651	652	0	-	Schneefall am 23.2. geschlossene Schneedecke
April						
19.04.	663	664	665	10	90	Dauerregen
20.04.	666	667	668	7	A	Regen bis in die Nacht, am 21. sonnig, leichter Wind aus Ost
Mai						
11.05.	676	677		12	54	östl. Windrichtung
12.05.	679	680	681	15	47	sonnig, trocken, windig
August						
10.08.	723	724	725	16	67	westl Wind, regnerisch
11.08.	726	727	728	17	66	kühl
Oktober						
11.10.	762	763+764*	765+766*	14	58	SO Wind
12.10.	767	768+769*	770+771*	14	57	SO Wind
18.10.	773	774+775*	776+777*	10	66	SO Wind, schwach
19.10.	778**	779+780**	781+782**	9	53	Nieselregen, schwach windig
November						
9.11.	802+803, 804+805, 806+807, 808+809, 810+811***			14	-	sonnig, mild, schwach windig

* gesplittete Probenahme (6h + 18h)

** Probenahme nur 16h, gesplittete Proben 6h + 10h

*** Probenahme jeweils 30 min

2.3 Kultureller Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen

Der Nachweis der Schimmelpilze erfolgte nach dem in der VDI-Richtlinie 4253, Blatt 2 (Juni 2004) beschriebenen „Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft, indirektes Verfahren nach Probenahme mit Gelatine/Polycarbonat-Filtern“.

Außer der rein quantitativen Auswertung werden die Kolonien auf den Nährbodenplatten für die wesentlichsten Gattungen bestimmt. Dies geschieht durch den Vergleich der makroskopischen und nach Anfertigen von Präparaten auch der mikroskopischen Merkmale mit Stammkulturen und Literaturdaten (Samson et al., 2002). Da einige Schimmelpilzgattungen weniger gut auf dem eigentlichen Auszähl Nährboden (Dichloran-18%Glycerin-Agar = DG18) wachsen, werden die Zählungen auf Malzextraktagar (MEA) für die Auswertung nach bestimmten Gattungen oder Spezies verwendet. Da sich bei den Messungen im Jahr 2003 (siehe UMEG-Jahresbericht 2003) gezeigt hatte, dass eine weitere Bebrütungstemperatur von 37°C bei den MEA-Nährböden keine zusätzliche Information über die Häufigkeit des Vorkommens Kompost-spezifischen Schimmelpilzen, insbesondere von *Aspergillus fumigatus* erbrachte, wurden hier beide Nährböden nur bei 25 °C inkubiert.

Die Berechnung der KBE/m³ (KBE = koloniebildende Einheit) für einzelne Gattungen geschieht in gleicher Weise wie für die Gesamt-Schimmelpilz-KBE/m³.

Nachweisgrenze - Bestimmungsgrenze

Eine Bestimmungsgrenze ist bei diesem Verfahren (nach der Richtlinie VDI 4253, Blatt 2) nicht eindeutig vorgegeben, kann aber nach bei den hier gewählten Bedingungen wie folgt abgeleitet werden:

Bei 24-stündiger Probenahme und einem daraus resultierenden beprobten Luftvolumen von 72 m³ (Normkubikmeter bei 0 °C und 101,3 kPa) sind theoretisch – unter Einrechnung der Verdünnung von 1:100 (Ausspateln von 0,1 ml aus 10ml Extraktionslösung) – Konzentrationen von 1–2 Gesamt-KBE/m³ bestimmbar, wenn 1 KBE pro Platte gezählt wird. Da jedoch der Blindwert bereits maximal 2 KBE auf einer der Parallelschalen aufweisen darf, um die Probenserie noch auswerten zu dürfen und der sichere Zählbereich bei einer Plattenbelegung (85 mm Durchmesser) bei etwa 10 KBE beginnt, sollten 7 bis 10 KBE auf einer Platte vorhanden sein, um eine sinnvolle quantitative Auswertung vorzunehmen. Daraus ergibt sich ein Angabenschwellenwert von 7 KBE/m³ bis 14 KBE/m³. Nach unseren Erfahrungen wird eine Schwelle von 10 KBE/m³ für die Angabe von Werten festgelegt, ab der ein sicherer Nachweis von Schimmelpilzen in der Luftprobe gegeben ist. Werte darunter werden als < 10 KBE/m³ angegeben.

Bei kürzeren Probenahmezeiten – wie sie sich hier für verschiedene Fragestellungen ergaben – erhöht sich der Angabenschwellenwert entsprechend: z. B. bei 18 Stunden Probenahme auf ca. 20 KBE/m³, bei 6 Stunden Probenahme auf ca. 50 KBE/m³ und bei 30 min Probenahme auf ca. 600 KBE/m³.

3 ERGEBNISSE

3.1 Gesamt-Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft

Die in der Tabelle 2-1 dargestellte Messplanung ergibt eine Anzahl von 50 Einzelproben. Bei diesen insgesamt 50 Einzelmessungen gab es keine Ausfälle bei den Probenahmen. Zu vermerken ist eine um 10 Stunden reduzierte Probenahmezeit am 19.10.05 bei den „24“-Std. „ und „18“-Std.-Messungen, da es zu einer Stromabschaltung am Messplatz gekommen war.

In der Tabelle 3-1 sind die Ergebnisse der Immissionsmessungen der Gesamtschimmelpilz-Konzentrationen sowie für die Konzentrationen der Gattungen *Apergillus*, *Cladosporium* und *Penicillium* zusammengefasst. Für die Doppel- oder Dreifachbestimmungen sind die relativen Standardabweichungen aufgeführt. Bei den zeitlich gesplitteten Probenahmen am 11., 12., 18. und 19. Oktober wurden zur Bildung eines Mittelwertes über 24-Stunden die gesplitteten Proben addiert. Bei den ½-Stunden-Messungen am 9. November wurden die jeweils 5 parallelen Proben über ½-Stunden addiert und daraus ein 2 ½-Std.-Mittelwert errechnet.

Tabelle 3-1: Gesamt – Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft (KBE/m³).

RSA = relative Standardabweichung in %.

Probenahme Datum	Probennummern	Gesamt KBE KBE/ m ³ (RSA)	Cladosporium / Aspergillus / Penicillium KBE/m ³ (RSA)		
Januar/Februar 2005					
31.01. DG18	637, 638	3x10¹ (2)	3(20)	3(10)	1x10 ¹ (27)
MEA		4x10 ¹ (10)	2 (108)	5(4)	2x10 ¹ (5)
01.02. DG18	640, 641	7x10¹ (15)	2(16)	5(43)	2x10 ¹ (6)
MEA		5x10 ¹ (0)	2(71)	8(39)	3x10 ¹ (31)
Februar					
21.02. DG18	647, 648, 649	2x10¹ (21)	4(6)	-	9 (60)
MEA		6x10 ¹ (48)	6	4 (26)	1x10 ¹ (56)
22.02. DG18	650, 651, 652	2x10¹ (15)	1 (57)	4(11)	6 (24)
MEA		3x10 ¹ (8)		5 (39)	7 (29)
April					
19.04. DG18	663, 664, 665	1x10³ (26)	9x10¹ (45)	2x10¹ (63)	3x10¹ (48)
MEA		2x10 ³ (17)	-	2x10 ¹ (56)	-
20.04. DG18	666, 667, 668	6x10² (5)	9x10¹ (15)	5x10¹ (19)	6x10¹ (18)
MEA		8x10 ² (36)	-	6x10 ¹ (14)	15
Mai					
11.05. DG18	676, 677	3x10² (3)	1x10² (23)	7 (49)	1x10² (29)
MEA		3x10 ² (24)	1x10 ² (50)	-	6x10 ¹ (68)
12.05. DG18	679, 680, 681	4x10² (29)	2x10² (33)	10	8x10¹ (3)
MEA		3x10 ² (15)	8x10 ¹ (39)	1x10 ¹ (50)	3x10 ¹ (34)
August					
10.08. DG18	723, 724, 725	1x10³ (6)	9x10² (11)	2x10¹	1x10² (28)
MEA		1x10 ³ (7)	8x10 ² (7)	2x10 ¹	1x10 ³ (20)
11.08. DG18	726, 727, 728	1x10³ (2)	1x10³ (5)	3x10¹ (71)	1x10² (10)
MEA		1x10 ³ (6)	7x10 ² (6)	1x10 ¹ (22)	1x10 ³ (45)
Oktober					
11.10. DG18	762, 763+764, 765+766	6x10³ (4)	5x10³ (7)	4x10¹ (141)	4x10² (41)
MEA		7x10 ³ (11)	4x10 ³ (24)	2x10 ² (66)	2x10 ² (49)
12.10. DG18	767, 768+769, 770+771	7x10³ (4)	5x10³ (3)	1x10¹ (51)	1x10³ (30)
MEA		6x10 ³ (10)	4x10 ³ (9)	1x10 ² (91)	9x10 ² (29)
18.10. DG18	773, 774+775, 776+777	3x10³ (21)	2x10³ (16)	5x10¹ (16)	3x10² (61)
MEA		2x10 ³ (27)	2x10 ³ (21)	4x10 ¹ (88)	1x10 ² (35)
19.10. DG18	778, 779+780, 781+782	6x10³ (20)	4x10³ (15)	4x10² (32)	1x10³ (25)
MEA		5x10 ³ (42)	3x10 ³ (29)	4x10 ² (43)	6x10 ² (50)
November					
09.11. DG18	802+804+806+808+810 803+805+807+809+811	4x10³ (15)	8x10² (28)	6x10² (17)	3x10² (29)
MEA		5x10 ³ (8)	1x10 ² (14)	1x10 ² (141)	3x10 ¹ (66)

Die während des gesamten Messprogramms genommenen Blindwerte ergaben keine KBE, bzw. nicht mehr als maximal 2 KBE in 0,1 ml der unbeaufschlagten Ausgangslösung.

In der Darstellung in Abb. 3-1 ist jahreszeitliche Verlauf für die gemessenen Gesamt-KBE/m³ - ausgewertet auf DG18-Nährboden und zum Vergleich auf Malzextraktnährboden (MEA) grafisch wiedergegeben.

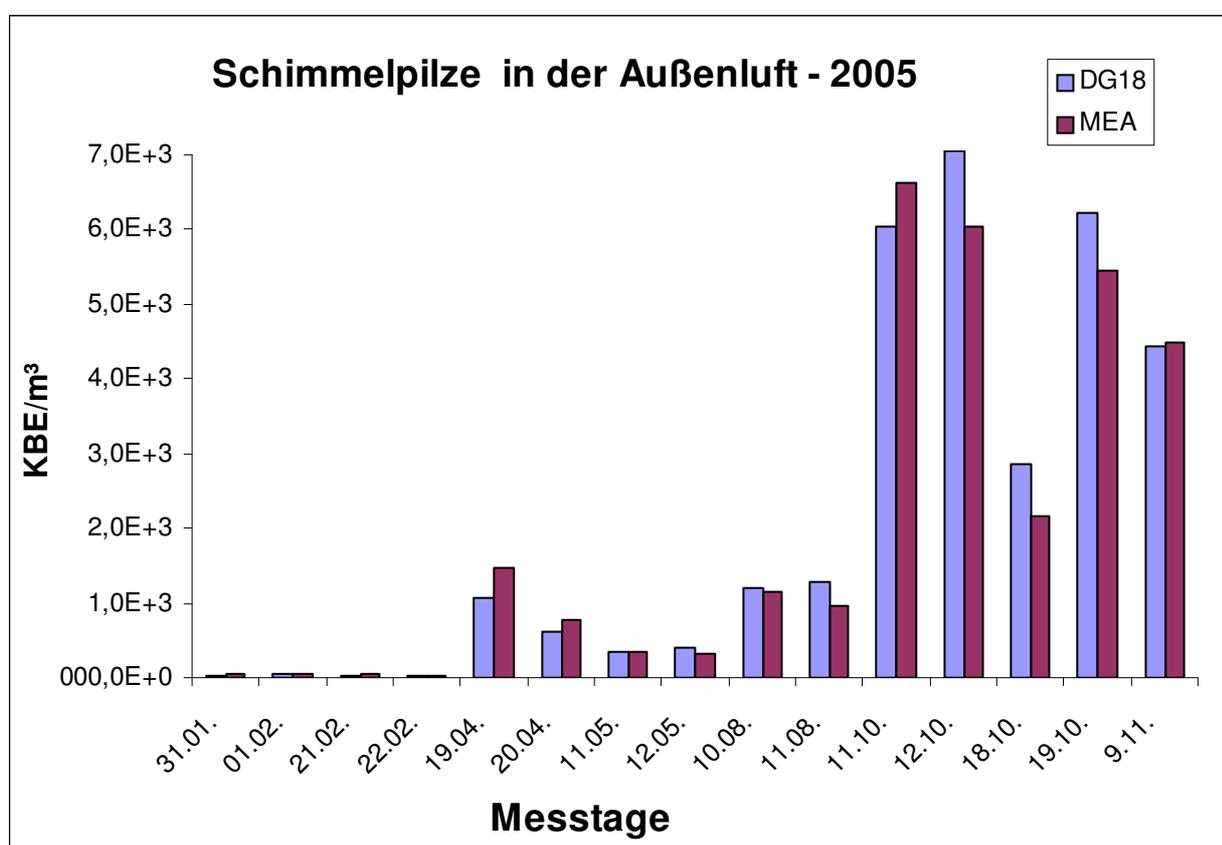


Abb. 3.1: Gesamtschimmelpilze in der Außenluft (KBE/m³) im jahreszeitlichen Verlauf 2005 am Messplatz UMEG-Vorplatz. Ausgewertet auf DG18 und MEA-Nährboden (Mittelwerte aus 2 oder 3 Parallelmessungen)

3.2 Konzentrationen einzelner Gattungen

Die gewachsenen Schimmelpilzkolonien wurden auf DG18-Nährboden (Bebrütungstemperatur 25°C) differenziert und die KBE/m³ berechnet. Bei der Bestimmung wurden die folgenden Gattungen berücksichtigt (in Klammern die in der Abbildung benutzten Abkürzungen): Alternaria, Aspergillus (Asp), Cladosporium (Clado), Eurotium, Fusarium, Hefen und Penicillium (Pen). Alle nicht zu diesen Gattungen gehörigen oder nicht bestimmbar Kolonien wurden als Sonstige gezählt. Wenn in beiden Parallelproben die Konzentrationen einer Gattung über dem Angabenschwellenwert lagen, wurde ein Mittelwert gebildet und die relative Standardabweichung berechnet. Im wesentlichen war dies nur für die Gattungen Cladosporium, Aspergillus und Penicillium der Fall. In der Tabelle 3.1 sind die Konzentrationen dieser Gattungen mit relativer Standardabweichung angegeben.

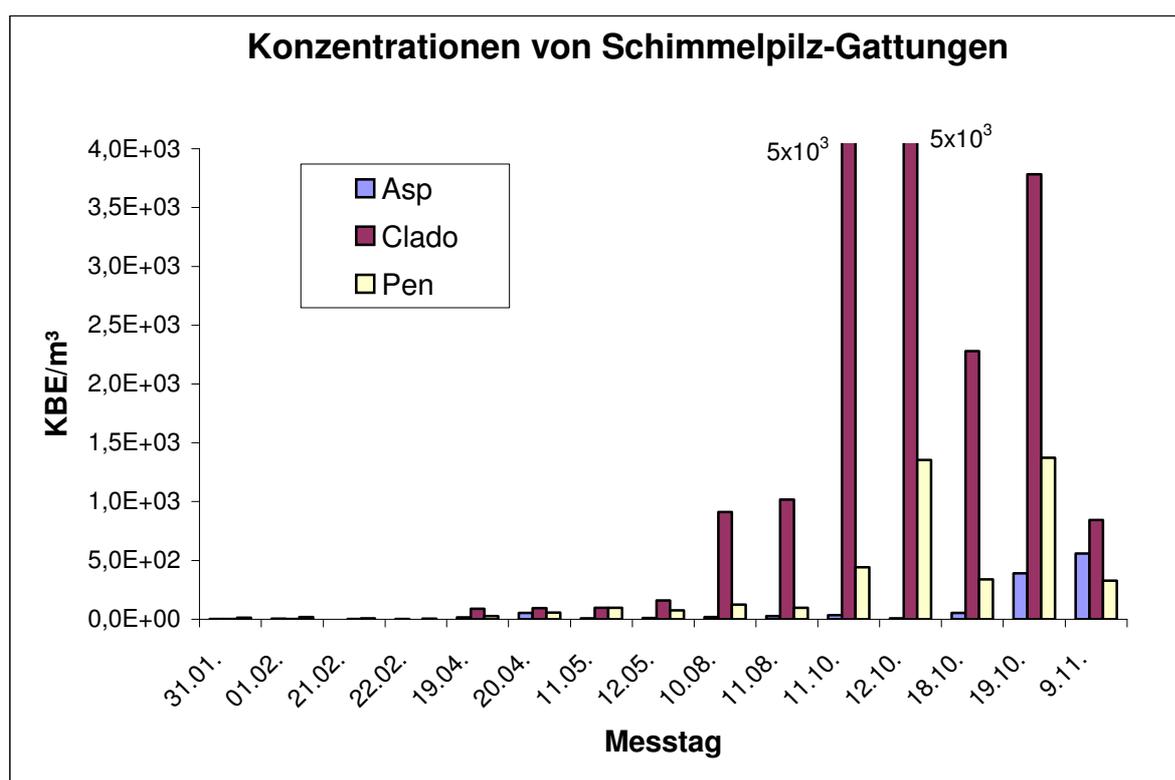


Abb. 3.2: Konzentrationen von Schimmelpilzgattungen in der Außenluft (KBE/m³) im jahreszeitlichen Verlauf 2005 am Messplatz UMEG-Vorplatz. (DG18-Nährboden) Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, Pen = Penicillium

Die Darstellung in der Abbildung 3-2 zeigt das Konzentrationsverhältnis der wesentlichen bestimmten Gattungen (Asp = Aspergillus, Clado = Cladosporium, und Pen = Penicillium) an allen

Messtagen des Jahres 2005. Die übrigen differenzierten Gattungen (*Alternaria*, *Fusarium*, *Eurotium*, sowie Hefen) waren an allen Messtagen kaum oder nur in geringer Konzentration nachweisbar und sind daher in der Tabelle 3-2 und in der Abbildung 3-2 nicht wiedergegeben. Bei den Januar und Februar-Messungen wurden für alle Gattungen nur wenige KBE unterhalb des Angabenschwellenwertes bestimmt.

Abbildungen im Anhang zeigen für jeden Standort Beispiele von typischem Schimmelpilzkulturen auf Nährbodenplatten nach mehreren Bebrütungstagen.

3.3 Gesplittete Probenahme – Oktober

An vier Messtagen im Oktober wurde parallel zur 24stündigen Probenahme jeweils für zwei Messungen die Probenahme geteilt in 6 Stunden beginnend am Morgen (9:00) und 18 Stunden beginnend am Nachmittag (15:00). In der Abb. 3.3 sind die Ergebnisse dieser Vergleichsmessungen dargestellt.

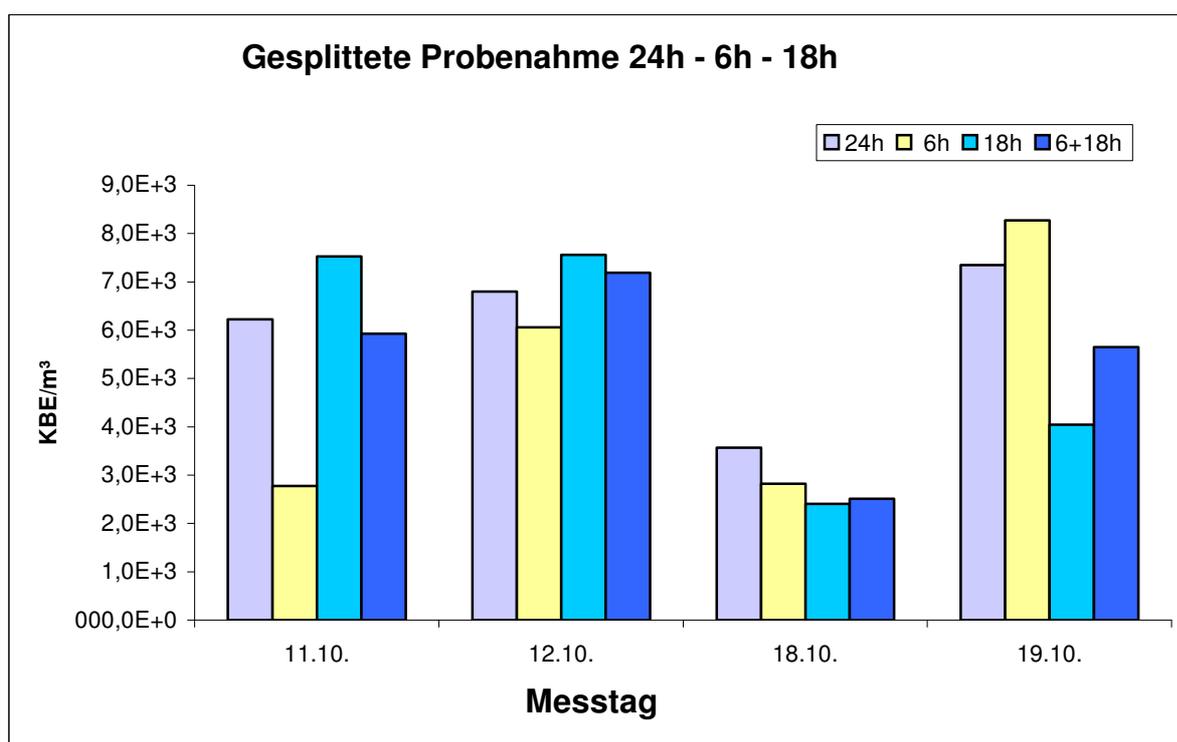


Abb. 3.3: Gesamtschimmelpilze (KBE/m³ auf DG18) an vier Messtagen im Oktober- jeweils bei 24h Probenahme (9:00-9:00), 6h (9:00-15:00), 18h (15:00-9:00) und 6h+18h addiert. Mittelwerte aus Doppelbestimmungen (außer 24h, Einzelwerte). Am 19.10. statt 24h nur 16h (9:00-1:00) und statt 18h nur 10h (15:00-1.00).

3.4 Halbstündige Probenahme parallel zu Messung von Bakterien - November

Im November wurde an einem Messtag (9.11. vormittags) fünfmal aufeinanderfolgend 2 Parallel-Proben über jeweils 30 min auf Gelatinefilter (ohne Polycarbonatstützfilter) gezogen. Bei dieser Probenahme wurden in der Extraktionslösung außerdem die Gesamtbakterien bei 22 °C und 36 °C bestimmt.

Tabelle 3-2: Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft (KBE/m³) – Gesamt und einzelne Gattungen bei 30-minütiger Probenahme. Mittelwerte aus Parallelproben

RSA = relative Standardabweichung in %. Kursiv = unter der Nachweisgrenze oder nur ein Wert

Probenahme		Proben-nummern	Gesamt KBE KBE/ m ³ (RSA)	Cladosporium / Aspergillus / Penicillium KBE/m ³ (RSA)		
9. 11.2005						
1. Messung	DG18	802+803	9x10³ (37)	3x10³ (41)	3x10³ (41)	1x10³ (32)
	MEA		<i>7x10³ (7)*</i>	-	<i>1x10³</i>	-
2. Messung	DG18	804+805	1x10⁴ (2)	7x10² (24)	-	5x10² (35)
	MEA		<i>1x10⁴ (21)*</i>	<i>2x10² (7)</i>	-	<i>1x10²</i>
3. Messung	DG18	806+807	5x10² (6)*	3x10² (40)	<i>4x10¹</i>	<i>2x10¹</i>
	MEA		<i>2x10³ (9)</i>	<i>8x10¹ (61)</i>	<i>2x10¹</i>	<i>2x10¹</i>
4. Messung	DG18	808+809	6x10² (14)	3x10² (5)	-	<i>1x10²</i>
	MEA		<i>1x10³ (19)</i>	<i>1x10² (32)</i>	-	<i>6x10¹ (95)</i>
5. Messung	DG18	810+811	3x10² (50)	2x10² (56)	<i>2x10¹</i>	<i>4x10¹</i>
	MEA		<i>6x10² (31)</i>	<i>2x10² (6)</i>	-	<i>4x10¹</i>

I*überwiegend Paecilomyces variotii

In der Abb. 3.4 sind die Mittelwerte dieser Doppelbestimmungen für Gesamtschimmelpilze auf beiden Nährböden dargestellt.

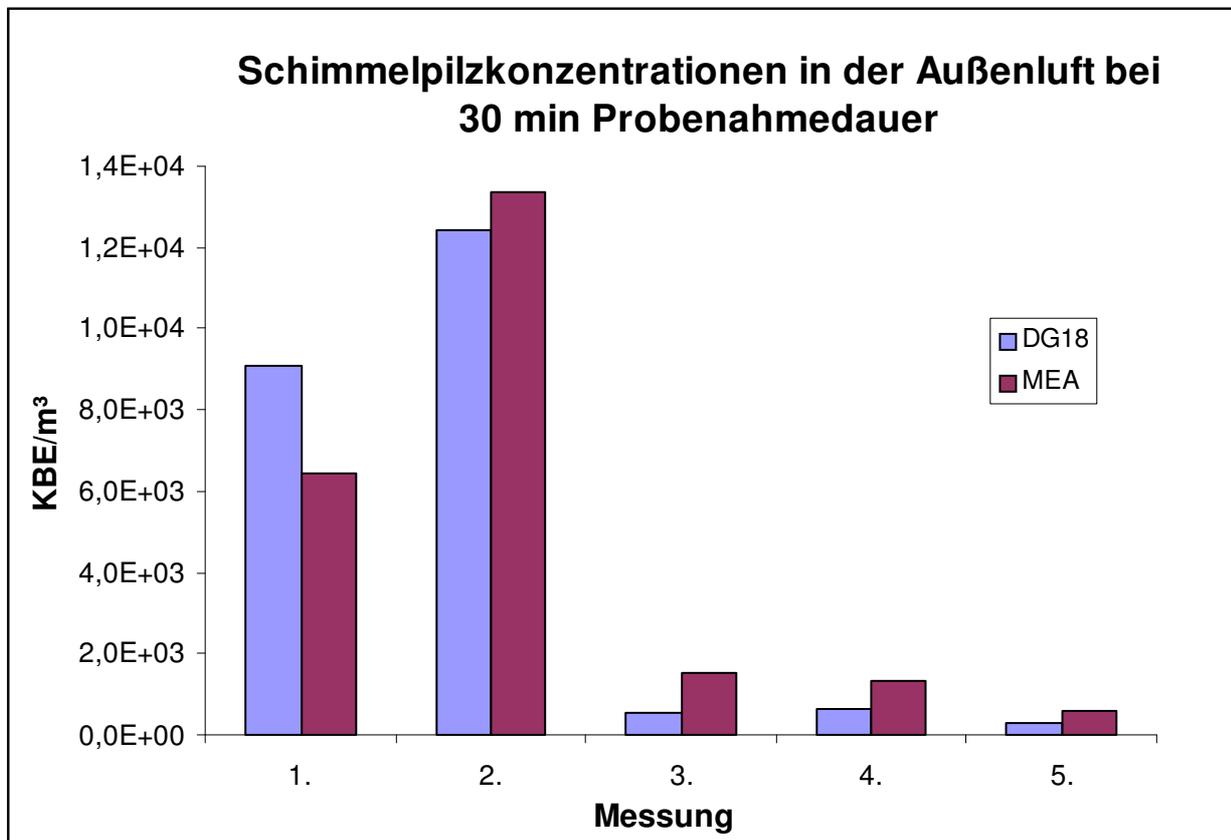


Abb. 3.4: Schimmelpilzkonzentrationen bei 5 aufeinanderfolgenden Einzelmessungen über jeweils 30 min (Mittelwerte aus Doppelbestimmungen) am 9.11.2005. Ausgewertet auf DG18- und MEA-Nährboden

4 DISKUSSION

Bei den Probenahmen für die Schimmelpilzmessungen in der Außenluft im jahreszeitlichen Verlauf 2005 traten keine Ausfälle auf. Ebenso konnten alle Proben ausgewertet werden, da die Blindwerte keine KBE ergaben. Die relative Standardabweichung zwischen den 2 oder 3 parallel genommenen Proben lag zwischen 15 % und 30 %.

Die Auswertung der Gesamtschimmelpilze auf zwei Nährböden (DG18 und MEA) nach Bebrütung bei 25 °C ergab für alle Messungen eine gute Übereinstimmung.

Im jahreszeitlichen Verlauf 2005 ergaben sich im Januar und Februar sehr geringe Konzentrationen ($2 \times 10^2 - 7 \times 10^2$ KBE/m³), an den Messtagen im April, Mai und August etwas höhere ($3 \times 10^2 - 1 \times 10^3$ KBE/m³) und die höchsten Konzentrationen im Oktober und November ($4 \times 10^3 - 7 \times 10^3$ KBE/m³). Diese Ergebnisse fügen sich gut in Ergebnisse aus eigenen vorausgegangenen Messungen mit demselben Verfahren (aus den Jahren 2003 und 2004, UMEG-Jahresberichte 2003 und 2004) ein. Diese Ergebnisse sind zum Vergleich hier für zwei Hintergrundmessorte – ein urbaner Messort an der Straße „UMEG-Messstation ehemalige Kinderklinik, ein Messort in Karlsruhe im Zoo- wiedergegeben (Abb.4.1). Im Juli traten danach an den beiden urbanen Messorten die höchsten Konzentrationen auf - bei großer Variation der Messwerte zwischen beiden Messorten. Nach den Messungen aus dem Jahr 2005 liegen die Konzentrationen im April und August auf einem ähnlichen Niveau (um 1×10^3 KBE/m³) - wie bei den vorangegangenen Messungen im September und Oktober. Die Ergebnisse der Messungen aus 2005 vom Oktober und November sind etwas höher ($4 \times 10^3 - 7 \times 10^3$). Neben aktuellen klimatischen Faktoren spielt hierbei wohl eine Rolle, dass der Messort 2005 neben einer Kompostverteilerstelle liegt.

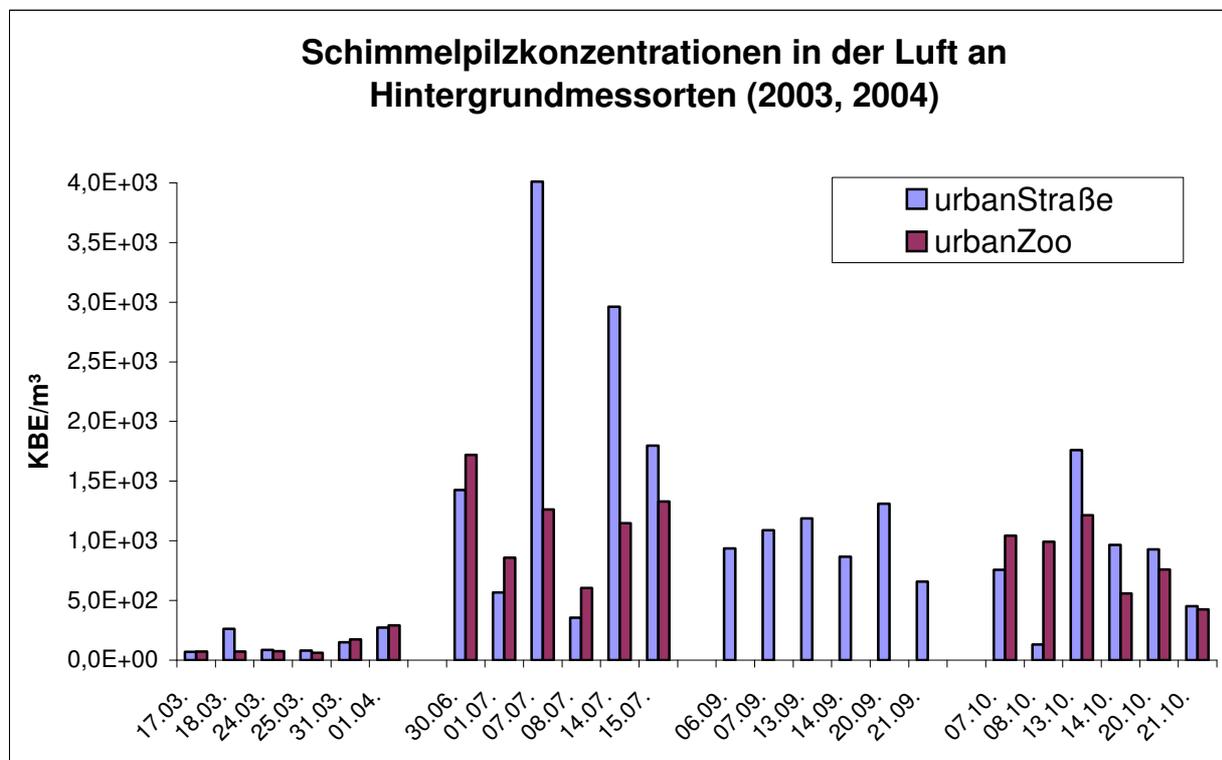


Abb. 4.1: Gesamtschimmelpilze in der Luft an zwei „Hintergrundmessorten“ (urban Straße und urban Zoo) zu verschiedenen Jahreszeiten (März, Juli, Oktober 2003 und September 2004 nur urban Straße) – ausgewertet auf DG18-Nährboden

Die Messungen im November 2005 sind - im Gegensatz zu den anderen 24-Stundenwerten - Mittel aus einer 2 ½-stündigen Probenahme. Außerdem war es zum Zeitpunkt dieser Messungen für November sehr mild (14°C).

Insgesamt ist der Einfluss der Jahreszeit, das heißt die länger vorausgegangene Wetterlage, von größerer Bedeutung als die aktuellen Bedingungen wie Temperatur oder Luftfeuchte. Dies zeigt sich daran, dass die durchschnittliche Temperatur an den Messtagen von April bis November wenig variierte (7°C bis 17°C), die Konzentrationen jedoch große Unterschiede aufwiesen.

Die Differenzierung der Schimmelpilze ergab für die Gattungen Cladosporium, Aspergillus und Penicillium in den meisten Proben Konzentrationen über der Nachweisgrenze. Die Gattung Cladosporium ist von Frühjahr bis Herbst die dominierende Gattung an Messorten ohne Anlageneinfluss wie frühere eigene und auch andere Untersuchungen bestätigen (UMEG Jahresberichte 2003, 2004, Tesseraux et al. 2004, Hryhorczuk et al. 2001, Mullins, 2001).

Bei den Messungen an fast allen Tagen im Oktober und am Messtag im November wurden relativ hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen der Gattung Penicillium gefunden. Dies spricht für

einen Einfluss der naheliegenden Kompostverteilungstelle. Für die Kompoststreife ist jedoch eher die Gattung *Aspergillus* und insbesondere *Aspergillus fumigatus* charakteristisch (Jäger und Eckrich, 1997).

Die gesplittete Probenahme bei den Messungen im Oktober zeigt, dass bei kürzerer Messdauer (6 Stunden beginnend um 9:00 morgens) die Konzentrationen an Schimmelpilzen in der Luft viel stärker variieren als bei 24-stündiger Probenahme. Die anschließende Probenahme über 18 Stunden ergab an zwei Messtagen etwa gleich hohe Konzentrationen wie bei der 24-stündigen Probenahme, an zwei anderen Messtagen jedoch geringere. Diese Ergebnisse der Unterteilung der Probenahme in zwei Abschnitte in 6 und 18 Stunden reicht jedoch nicht aus, zu beurteilen, ob möglicherweise zu bestimmten Zeitabschnitten wie z.B. der Nacht geringere Luftkonzentrationen an Schimmelpilzen vorliegen. Meteorologische Faktoren wie Windstärke spielen dabei sicher ebenfalls eine Rolle. Wenn möglich sollte 24-Stunden Proben der Vorzug gegeben werden und die zu bestimmten (Jahres-)zeiten vorherrschende Konzentrationen an Schimmelpilzen in der Luft zu charakterisieren.

Noch deutlicher als die gesplittete Probenahme zeigen die Ergebnisse der aufeinanderfolgenden 30-minütigen Probenahmen im November, die starke Variation bei kurzen Probenahmezeiten. Die Konzentrationen der ersten beiden Messungen liegen zwischen 9×10^3 und 1×10^4 KBE/m³, die der darauffolgenden Messungen im Bereich von 3×10^2 und 6×10^2 KBE/m³. Bei der Differenzierung der Schimmelpilze wird deutlich, dass diese kurze Probenahmezeit meist nicht ausreicht um Konzentrationen selbst dominanter Gattungen wie *Aspergillus* und *Penicillium* sicher nachzuweisen. Selbst die Gattung *Cladosporium* konnte in einer Probe (auf MEA-Nährboden nicht-nachgewiesen werden, da in dieser Probe der schnell wachsende Schimmelpilz *Paecilomyces variotii* dominierte.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die hier vorgelegten Messergebnisse zu Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft im jahreszeitlichen Verlauf stellen eine Fortführung der Messreihen aus den Jahren 2003 und 2004 dar (UMEG-Jahresberichte 2003, 2004). Probenahmen und Messungen wurden nach den zu dieser Fragestellung neu entwickelten und nunmehr erschienenen VDI-Richtlinien 4252, Bl. 2 (VDI, 2004) und VDI 4253, Bl. 2 (VDI, 2004) durchgeführt. Mit dieser Messreihe sollten die jahreszeitliche Variation Konzentrationen an Schimmelpilzen an einem Standort (UMEG-Vorplatz), sowie Informationen zu unterschiedlichen Probenahmedauern und -zeiten gewonnen werden.

- Bezüglich des Jahresganges der Hintergrundkonzentrationen war nach den bisher erhobenen Messwerten der Juli der Zeitraum mit den höchsten Konzentrationen an luftgetragenen Schimmelpilzen. Die im Jahr 2005 erhobenen Messwerte weisen den Oktober als Zeitraum mit den höchsten Konzentrationen aus. Die aktuellen Witterungsverhältnisse haben jedoch einen großen Einfluss auf die Messwerthöhe an Gesamtschimmelpilzen. Diese Ergebnisse zeigen erneut die starke „natürliche Variation der Konzentrationen an luftgetragenen Schimmelpilzen. Bei anlagenbezogenen Messungen ist es daher unerlässlich Hintergrundmessungen in Luv vorzunehmen um, den Einfluß der Anlage vom Hintergrund unterscheiden zu können.
- Die Differenzierung von Gattungen auf zwei Nährböden (DG18 und MEA) ergab in fast allen Proben für beide Nährböden etwa gleich hohe Konzentrationen. Um jedoch ein möglichst großes Spektrum an Gattungen und Spezies erfassen zu können, ist jedoch das Mitführen eines zweiten Nährbodens sinnvoll und anzuraten.
- Bei Verkürzung der Probenahmezeiten unter 24 Stunden ist bereits an einem Messort mit weit größeren Variationen in der Konzentration und im Artenspektrum der luftgetragenen Schimmelpilze zu rechnen. Wann immer möglich sollte daher für die Aussage über eine Luftbelastung mit Schimmelpilzen – vor allem beim Vergleich verschiedener Messorte nicht von der – in der VDI-Rili (4252, Blatt 2) ausdrücklich vorgesehenen - 24-stündigen Probenahme abgewichen werden.

6 LITERATURVERZEICHNIS

Heller und Rabe, 2001: Ausbreitung von Bioaerosolen aus Kompostierungsanlagen unterschiedlicher Bauart. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 61, 245-253

Herr et al., 2003: Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. Occup Environ Med 60, 336-342

Hryhorczuk et al., 2001: Bioaerosol emissions from a suburban yard waste composting facility. Ann Agric Environ Med 8, 177-185

Jäger und Eckrich, 1997: Hygienic aspects of biowaste composting. Ann Agric Environ Med 4, 99-105

Mullins, J., 2001: Microorganisms in outdoor air. In Microorganisms in home and indoor work environments (Hrsg. Flannigan, B., Samson, R.A., Miller, J.D.),

Samson et al., 2002: Introduction to food- and airborne fungi, 6th edition, Centraalbureau voor Schimmelcultures – Utrecht

Tesseraux et al., 2004.: Immissionsmessungen von Schimmelpilzen in der Außenluft nach VDI 4252 Blatt 2 und VDI 4253 Blatt 2 im jahreszeitlichen Vergleich. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 64, 300-305

UMEG, 2003: Jahresbericht 2003

UMEG, 2004: Jahresbericht 2004

VDI 4251, Blatt 1, 2005: „Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - „Planung von anlagenbezogenen Messungen, Immissionsbestimmung durch Fahnenmessungen“

VDI 4252 Blatt 2, Juni 2004: „Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“

VDI 4253 Blatt 2, Juni 2004: „Verfahren zum kulturellen Nachweis von Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern“

7 ANHANG

7.1 Abbildungen des Probenahmeortes



Februar



April

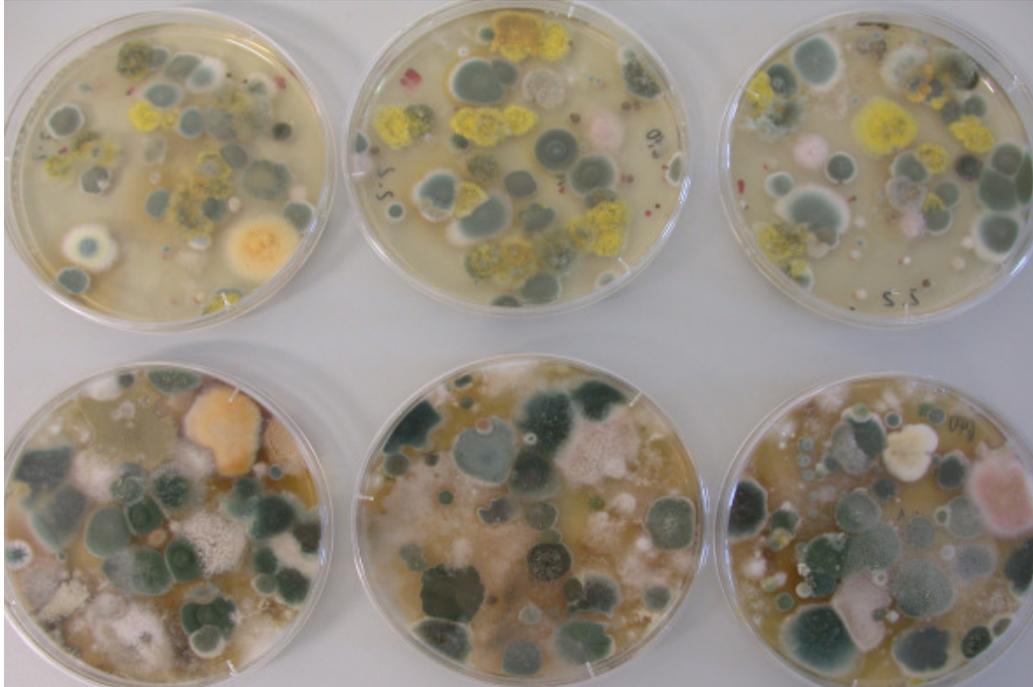


Mai

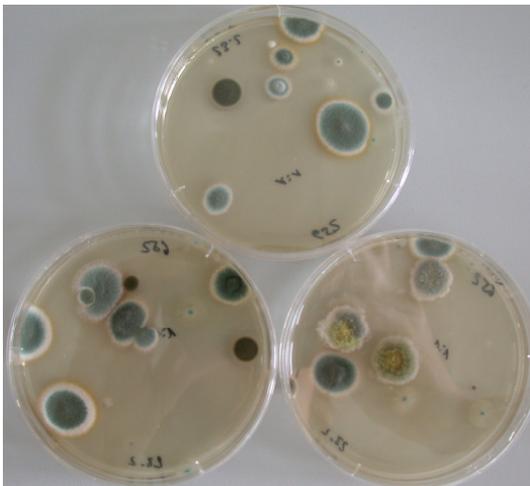


Oktober

7.2 Abbildungen zum Schimmelpilzwachstum auf Kulturnährböden



Januar: Probe 640, nach 7 Tagen bei 25°C, Verd. 1:1, oben DG18, unten MEA



Februar:
Probe 652, DG18, 7. Tag, Verd. 1:1



Probe 648, MEA, 7. Tag, Verd. 1:1



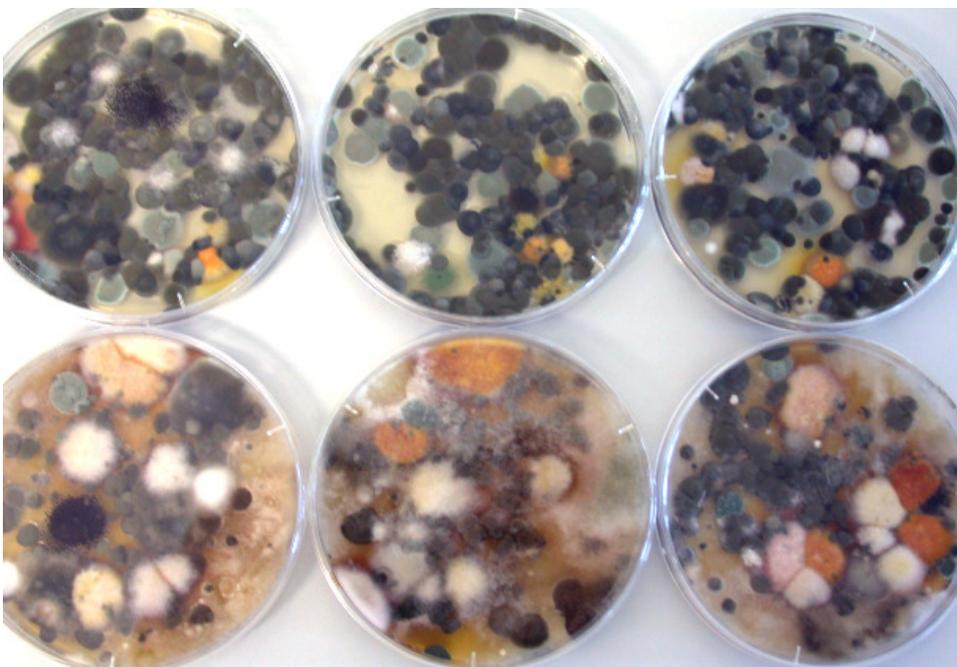
April: Probe 663, Verd. 1:10, 5. Tag, oben DG18, unten MEA



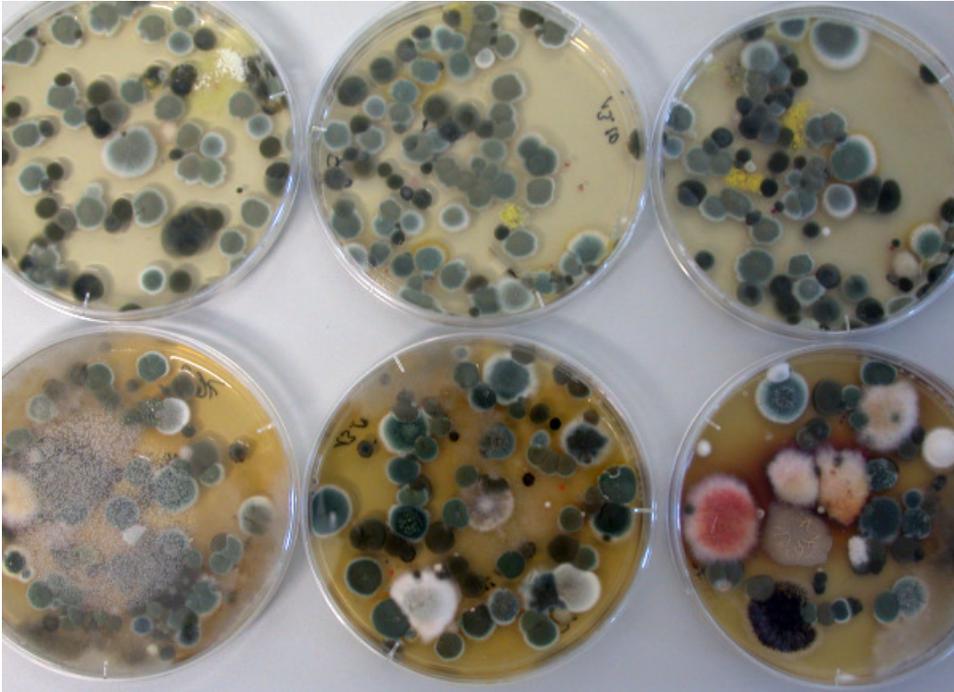
Mai: Probe 676, Verd. 1:10, 7. Tag, oben DG18, unten MEA



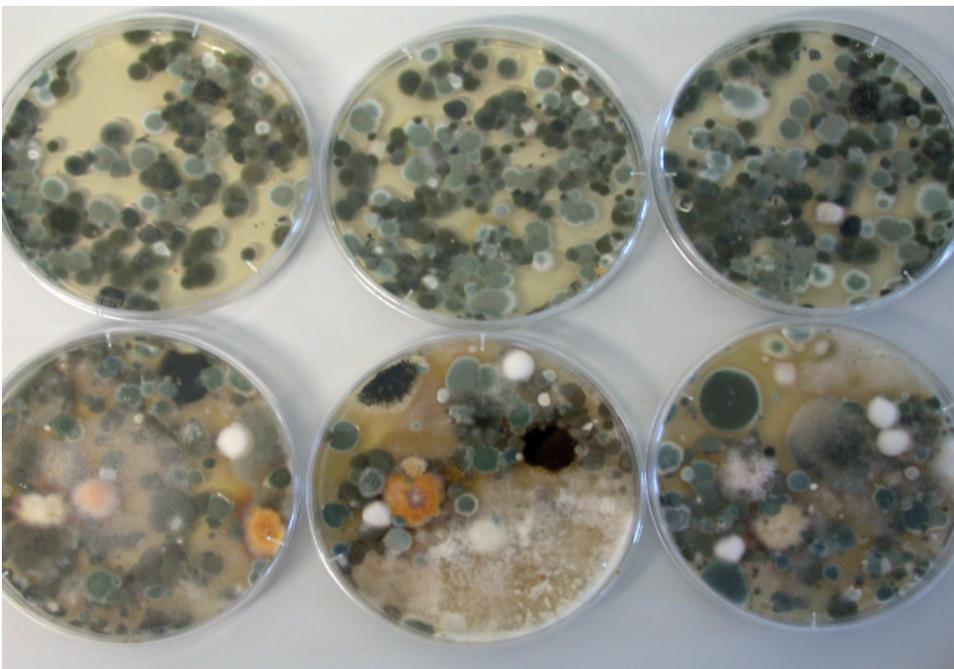
August: Probe 725, Verd. 1:10, 5. Tag, oben DG18, unten MEA



Oktober: Probe 766, Verd. 1:10, 6. Tag, oben DG18, unten MEA



Oktober: Probe 768 (6h), Verd. 1:10, 6. Tag, oben DG18, unten MEA



Oktober: Probe 771 (18h), Verd. 1:10, 6. Tag, oben DG18, unten MEA